



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **08309571 A**(43) Date of publication of application: **26.11.96**

(51) Int. Cl. **B23K 26/00**
B23K 26/00
B23K 26/06
H01S 3/127
// B23K103:12

(21) Application number: **07145701**(22) Date of filing: **19.05.95**(71) Applicant: **NIPPON STEEL CORP**

(72) Inventor: **IMAI HIROFUMI**
HAMADA NAOYA

(54) **LASER BEAM MACHINING METHOD FOR
 COPPER ALLOY**

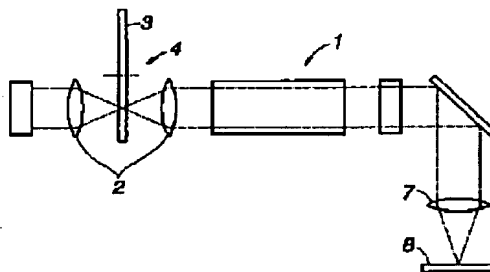
copper alloy efficiently and enabling highly efficient laser beam machining.

(57) Abstract:

COPYRIGHT: (C)1996,JPO

PURPOSE: To enable highly efficient machining by using a laser pulse having time waveform consisting of an initial spike component and a tail component having a time width and peak power density in a prescribed range, and thereby allowing the laser beam to reach the copper alloy efficiently.

CONSTITUTION: As a laser generator 1, a carbon dioxide gas laser or YAG laser is used in which a Q-switch device 4 is arranged consisting of a confocal telescopic lens 2 and a rotary chopper 3 inside a resonator. Machining is performed by converging a laser pulse with a condensing lens 7 and irradiates a copper alloy 8 with the laser beam. Using a laser pulse consisting of the initial spike component, whose time waveform is 100ns-1 μ s time width and 30MW/cm²-2GW/cm² peak power density, and the tail component whose time waveform is 0.9 μ s-29 μ s time width and 10MW/cm²-40MW/cm² peak power density, the increase in absorption due to an excessive growth of plasma is avoided, allowing the laser beam to reach the



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-309571

(43) 公開日 平成8年(1996)11月26日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 2 3 K 26/00	3 3 0		B 2 3 K 26/00	3 3 0
	3 2 0			3 2 0 A
26/06			26/06	E
H 0 1 S 3/127			H 0 1 S 3/127	
// B 2 3 K 103:12				

審査請求 未請求 請求項の数 2 F D (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平7-145701

(22) 出願日 平成7年(1995)5月19日

(71) 出願人 000006655

新日本製鐵株式会社

東京都千代田区大手町2丁目6番3号

(72) 発明者 今井 浩文

相模原市淵野辺5-10-1 新日本製鐵株式会社エレクトロニクス研究所内

(72) 発明者 浜田 直也

相模原市淵野辺5-10-1 新日本製鐵株式会社エレクトロニクス研究所内

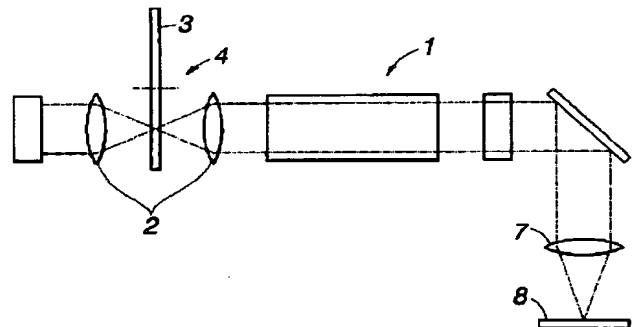
(74) 代理人 弁理士 大島 陽一

(54) 【発明の名称】 銅合金のレーザ加工方法

(57) 【要約】

【目的】 高効率に行い得る銅合金のレーザ加工方法を提供する。

【構成】 ピークパワーが相対的に高い初期スパイク成分とピークパワーが相対的に低いテール成分とからなるレーザパルスにて銅合金の加工を行うものとする。その際のレーザパルスの発生方法は、機械的回転チョップによるQスイッチ発振レーザとすると良い。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 パルスレーザによる銅合金の加工方法であって、

時間波形が、時間幅 $100\text{ ns} \sim 1\text{ }\mu\text{s}$ 、ピークパワー密度 $30\text{ MW/cm}^2 \sim 2\text{ GW/cm}^2$ の初期スパイク成分と、時間幅 $0.9\text{ }\mu\text{s} \sim 29\text{ }\mu\text{s}$ 、ピークパワー密度 $10\text{ MW/cm}^2 \sim 40\text{ MW/cm}^2$ のテール成分とからなるレーザパルスを用いることを特徴とする銅合金のレーザ加工方法。

【請求項 2】 初期スパイク成分とテール成分とからなるレーザパルスを、回転チョップによる Q スイッチ発振レーザにより発生させることを特徴とする請求項 1 に記載の銅合金のレーザ加工方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、銅合金のレーザ加工方法に関し、特に、銅合金に対して比較的低入力による高効率な孔あけ、切断加工を行い得る銅合金のレーザ加工方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、銅合金の孔加工方法として、小さな粒径の銅球を被加工材にたたきつけるショットブラスト法、機械切削法、並びにエッチング法などが知られているが、前者は孔加工の制御性が悪く、後の 2 つは時間がかかるといふ欠点がある。近年、制御性が良く、しかも高速処理が可能な銅合金の孔加工方法として、レーザ加工を適用する試みがなされている。しかしながら、銅合金は、材料の基本的特性として、レーザの反射ミラーに用いられるほどレーザ光の反射率が高い（99%）材料であり、また、熱伝導率が大いいためレーザエネルギーの十分な投入が困難であるため、良好な結果が得られていなかった。

【0003】このような特性を有する銅合金のレーザ加工を可能とするために従来は、損失を覚悟で大エネルギーを投入することが行われていた。ところが、上述の基本特性に加えて、レーザ光の効率的な投入を阻害する要因が銅合金には存在する。これは、銅合金をレーザ加工するためには、ある程度強力なレーザパルスを必要とするのに対し、強力なレーザパルスと銅合金表面との相互作用によって発生するプラズマがレーザ光を吸収し、銅合金表面に到達するレーザエネルギーを激減させる現象である。すなわち、レーザパルスの銅合金表面への到達に伴い、銅合金の表面に於いてレーザ光の吸収が起き、加熱による銅合金の蒸発が起きる。この蒸発物がさらにレーザ光を吸収して電離する。そしてこの過程がなだらかに生じて雰囲気をも電離させる。このようにして、銅合金の表面近傍は瞬時にプラズマ状態となる。このプラズマ内の電子は非常にレーザ光を吸収し易く、後続のレーザ光を減衰させる。

【0004】図 7 は、銅合金への投入レーザパルスの時

間波形とプラズマによる吸収との関係を示すグラフであり、（a）は通常のレーザパルスの時間波形を示し、

（b）は対応するプラズマを示し、（c）はプラズマを通過して銅合金表面に到達したレーザパルスの時間波形を示している。そして時間軸上の 0 はレーザパルスが銅合金表面に到達した時間であり、1 はプラズマが発生した時間である。時間 0 と時間 1 との間には、照射レーザ光の強度にもよるが、数 ns から数 10 ns の時間遅延がある。また時間 2 は、プラズマの吸収が最大値に達する時間である。これもレーザパルスの強度によるが、時間 1 より数 ns から数 10 ns の短時間で最大値に達する。つまり、プラズマ吸収の時間波形の立上りは極めて急峻であり、最大値に達した後は比較的緩やかに減衰する。図 7（b）のようなプラズマ吸収が発生する結果、銅合金表面に到達するレーザパルスの後半は、図 7

（c）のように減衰され、銅合金表面に到達する実効的なレーザパルスの持続時間が短くなる。

【0005】図 8 は、ある一定の入熱が加えられた場合の銅合金の蒸発に要する時間を示すグラフである。但

し、図 8 では簡略化のために周囲への熱伝導による入熱の損失は無視している。本来、伝熱損失は無視できないが、定性的な理解を得るための第一次近似として意味がある。図 8 に於いて、曲線より上側の部分が蒸発が生じて加工が可能となる領域を示している。これにより、レーザパルスの持続時間が短くなると蒸発に要する時間を越えられなくなり、加工不能となる傾向にあることが分かる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】従来、このような不都合を解決するために、レーザ光の強度を高くして入熱を大きくしていた。すなわち、より多くのエネルギーを持たせたピークパワーの高いレーザパルスを短時間に用いることで蒸発に要する時間の短縮化が行われていた。しかしながら、これではますますプラズマによるレーザ光の吸収を増大させることになり、加工効率を悪化させることとなっていた。このように、銅合金の加工をレーザによって行うには大出力のレーザが必要であり、きわめて不経済となる点が産業上に応用するうえでの障害となっていた。

【0007】本発明は、このような従来技術の問題点を解消するべく案出されたものであり、その主な目的は、高効率に行い得る銅合金のレーザ加工方法を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】このような目的は、時間波形が、ピークパワーが相対的に高い初期スパイク成分とピークパワーが相対的に低いテール成分とからなるレーザパルスにて銅合金の加工を行うものとするることによって達成される。その際のレーザパルスの発生方法は、機械的回転チョップによる Q スイッチ発振レーザとする

と良い。

【0009】

【作用】本発明は、銅合金へのレーザエネルギーの時間的な投入方法に関し、発明者等が行った詳細な研究の結果発見された以下の事実に基づいている。

【0010】図4は、本発明のレーザパルスの時間波形とプラズマ吸収およびプラズマを透過して銅合金表面に到達するレーザパルスの時間波形の関係を示すグラフである。(a)はピークパワーが高い初期スパイク成分とピークパワーが低いテール成分とからなるレーザパルスの時間波形を示し、(b)は(a)のレーザパルスが照射された際に発生するプラズマによる吸収の時間変化を示す。(a)に示す波形のレーザパルスを銅合金に照射すると、通常のレーザパルスを照射したときと同様に、初期スパイク成分の部分で銅合金表面での吸収とそれに続いてプラズマが形成される。この際、プラズマが形成される程度に強いレーザパルスでないと、銅合金表面での実効的吸収率が増加せず、加工が進行しないので、初期スパイク部分では、最低限のプラズマ発生による吸収を生じさせることが必要である。このために必要なレーザ強度を求めるために、高ピークパワーパルスを発生し得るQスイッチレーザパルスの一般的な時間幅である数ns～数μsに対応させて銅合金の蒸発に要する入熱を計算すると、100MW/cm²～2.5GW/cm²が必要である。

【0011】次に、後に続くテール成分の照射が行われるが、(b)および(c)に示すように、テール成分でのプラズマによる吸収は弱いことと、既に銅合金が加熱・溶融されて銅合金表面の実効的吸収率が增大していることから、ピークパワーが比較的低いテール成分の部分で十分な加工性が得られる。

【0012】一方、発明者等は、テール成分の時間の長さについて、以下のような実験を行った。図5は、初期スパイク成分の時間幅を一定(200ns)とし、テール成分の時間幅を変化させてレーザパルスを照射したときの銅合金の孔の深さ変化を示したグラフである。これより、テール成分が30μsのところで孔深さが飽和し、テール成分の部分で30μs以上長くしても孔深さが増大しないことが分かる。これは、レーザパルスの時間幅が長くなるとエネルギーが伝熱損失により拡散するためである。

【0013】以上から、銅合金に投入するレーザパルスの時間波形を、ピークパワーが相対的に高い初期スパイク成分とピークパワーが相対的に低いテール成分とからなるものとするにより、初期スパイク部分に於いて加工に必要なレーザ強度を確保しつつ、プラズマの過大な成長による吸収の増大を避けて被加工銅合金にレーザ光を効率よく到達させることができ、高効率なレーザ加工が可能となることが見いだされた。

【0014】

【実施例】以下に添付の図面を参照しながら本発明の実施例について詳しく説明する。

【0015】図1は、本発明が適用されたレーザ加工装置の模式的な構成図である。本実施例に於いては、レーザ発振器1として、共振器内部に共焦点テレスコープレンズ2と回転チョップ3とからなるQスイッチ装置4を配置したQスイッチ炭酸ガスレーザを用いた。ベースとなる炭酸ガスレーザは、RF放電励起の平均出力2kWの装置である。

【0016】回転チョップ3は、図2に示したように、SUSからなる円板5の外周部に径方向に沿う多数のスリット6を設けたものである。本実施例では、直径153mm、厚み0.4mmの円板5に、幅1mmのスリット6を等間隔で50個配している。この円盤を、12,000rpmで回転する高速スピンドルモータに取り付けてある。したがって、この場合のQスイッチの繰返し周波数は10kHzであり、チョップ開放時間は11.5μsとなる。

【0017】図3にチョップ開放とQスイッチレーザパルス形成とのタイミングを示す。チョップ3の開放開始から2～3μs遅れて(Dの部分)Qスイッチレーザパルス特有の初期スパイク成分が立ち上がる。これは時間幅100ns～1μs、ピークパワー5kW～300kWのものである。この初期スパイク成分に続いて、チョップが閉じるまでの間、定常発振レベルの発振が続くが、これが時間幅0.9μs～29μs、ピークパワー1kW～2kWのテール成分となる。

【0018】このようなレーザパルスを直径140μmに集光レンズ7で集光し、銅合金8に照射した。このとき、初期スパイク成分のピークパワー密度は30MW/cm²～2GW/cm²であり、テール成分のピークパワー密度は10MW/cm²～40MW/cm²である。その結果、直径80～200μm、深さ10～50μmの孔加工を実現できた。また、同一箇所上記レーザパルスを複数回照射することを行った。25回照射によって孔深さが200～1,000μmへと増大した。本実施例に於けるレーザパルスの繰返し周波数は10kHzであるから、この孔加工は2.5msで完了し、高速の深孔加工が可能となっている。また、被加工材を移動させながらレーザ照射を行うことにより、1mm厚の銅合金板の切断加工も可能であった。

【0019】なお、本実施例では、レーザ発振器1として炭酸ガスレーザを用いたが、YAGなどの固体レーザをベースとしても良い。

【0020】パルスあたりのエネルギーを同一とした場合の通常のレーザパルスと本発明のレーザパルスとの比較実験の結果を図6に示す。(a)はテール成分のない場合であり、(b)は本発明のレーザパルスの場合である。いずれもパルスあたりのエネルギーは80mJとしている。(a)のレーザパルスの時間幅は200nsであ

5

り、収束径は $140\mu\text{m}$ である。この場合、パワー密度は $2.6\text{GW}/\text{cm}^2$ となり、図8を参照すると加工可能な領域に入っているが、プラズマによる吸収でレーザーパルスの後半部分が減衰し、実効的なパルス持続時間が短くなり、加工性が悪化し、ほとんど有効な孔加工ができていない。

【0021】一方、(b)のレーザーパルスの時間幅は、初期スパイク成分の部分が 200ns 、テール成分の部分が $7.5\mu\text{s}$ である。エネルギー的には初期スパイク成分が 20mJ 、テール成分が 60mJ である。よって、パワー密度は初期スパイク成分が $650\text{MW}/\text{cm}^2$ 、テール成分が $50\text{MW}/\text{cm}^2$ である。この場合、図8を参照すると、初期スパイク部分は加工可能域に入っているが、テール部分は加工域に到達していない。

【0022】この場合、先ず初期スパイク成分による表面蒸発とプラズマ吸収が起きるが、その際、銅合金表面の溶融も生じる。プラズマ吸収により初期スパイク部分の後半は減衰するが、その後プラズマ吸収が弱まった後も $7.5\mu\text{s}$ に渡ってテール成分による加熱が続くため、十分な加工が可能となっている。具体的には、穴径 $200\mu\text{m}$ 、穴深さ $18\mu\text{m}$ の穴加工が実現されている。

【0023】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明の銅合金のレーザー加工方法によれば、レーザー光の反射率が高く大入力を要する銅合金に対しても効率よく高速に

6

孔加工を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による銅合金のレーザー加工装置を説明する模式的構成図。

【図2】回転チョップの形状図。

【図3】チョップ開放とQスイッチレーザーとのタイミングチャート。

【図4】本発明のレーザーパルスによる銅合金加工の説明図。

10 【図5】パルステール部の加工性に与える影響の説明図。

【図6】比較実験の結果を示す拡大断面図。

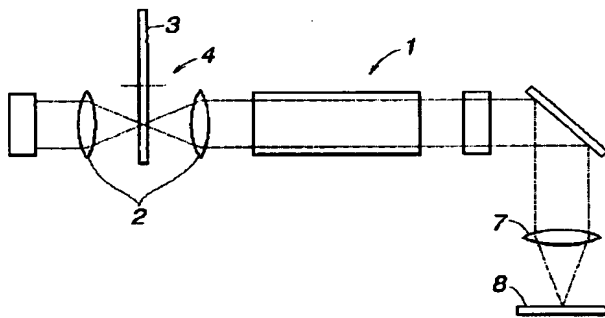
【図7】従来のレーザーパルスによる銅合金の加工の説明図。

【図8】一定の入熱が与えられたとき銅合金が蒸発するまでに要する時間。

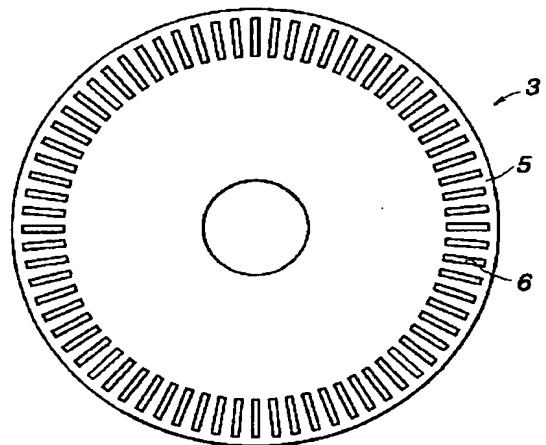
【符号の説明】

- 1 レーザ発信器
- 2 テレスコープレンズ
- 3 回転チョップ
- 4 Qスイッチ装置
- 5 円板
- 6 スリット
- 7 集光レンズ
- 8 銅合金

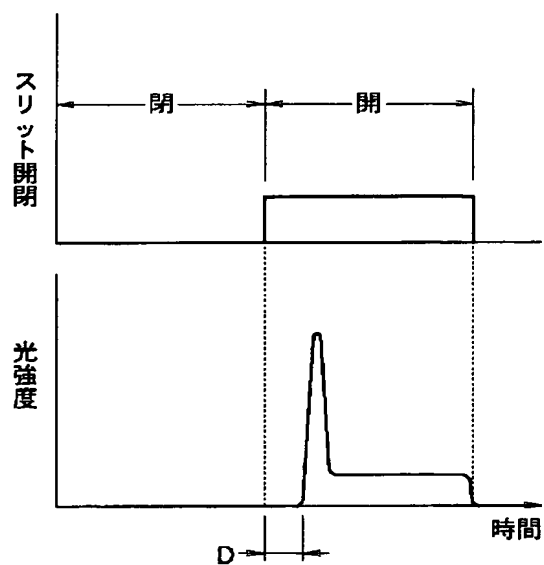
【図1】



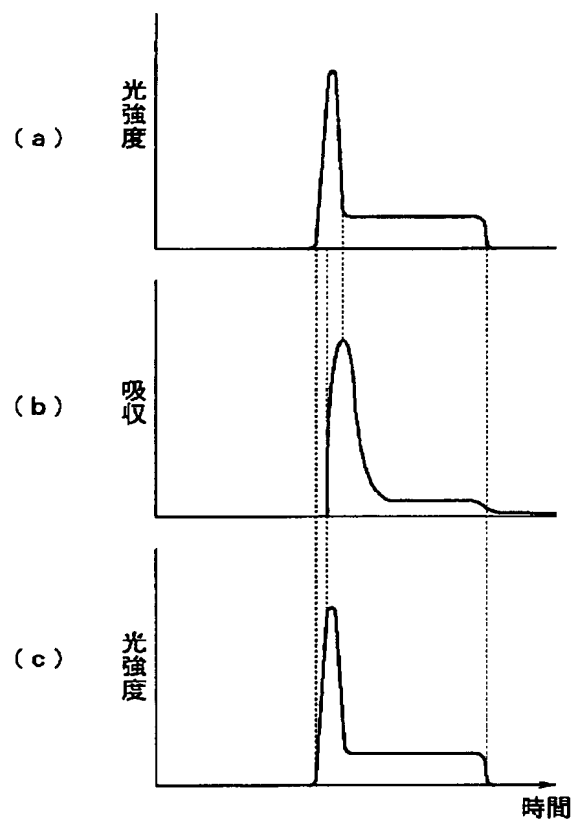
【図2】



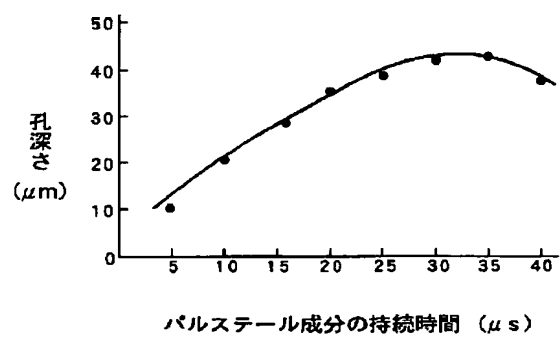
【図 3】



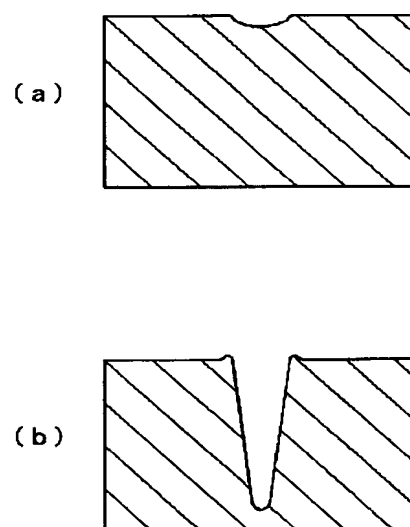
【図 4】



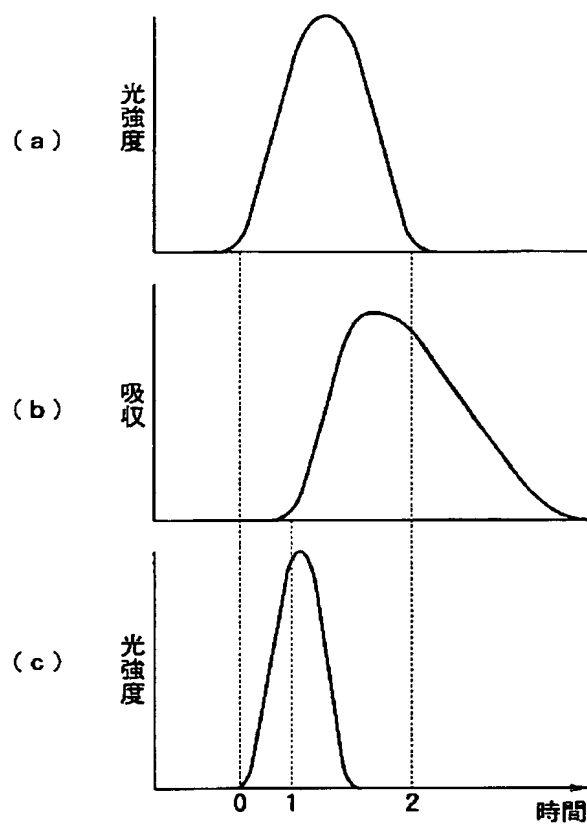
【図 5】



【図 6】



【図7】



【図8】

